PROTOCOLO DE BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS GRISES, AGUAS NEGRAS Y SUELO

CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA MAQUITA

Los Rio – Buena Fe – Ecuador 2024

Reimpreso con apoyo de:

COOPERACIÓN CANARIA

SUMMAid Challenging inequality

Fundación maquita Por una sociedad de iguales

Proyecto: “Revitalización del tejido socio-productivo rural bajo un modelo colaborativo innovador entorno al cacao. El Oro, Ecuador”

Protocolo de implementación de biofiltros para tratamiento de aguas grises

El sistema de biofiltros es una tecnología donde se utiliza una serie de tanques con materiales filtrantes y humedales con plantas acumuladoras de metales pesados para tratar el agua residual procedente de actividades domésticas como: el lavado de manos, duchas, cocina y lavado de ropa.

Objetivo de alcance:

Validar e implementar un sistema integral de biorremediación para el tratamiento de aguas grises, dirigido a productoras/es, que permita la depuración eficiente de contaminantes orgánicos e inorgánicos, mediante un proceso secuencial de filtración y purificación natural, utilizando tanques de retención de grasas, carbón, piedra, arena y una piscina con plantas bioacumuladoras. Este sistema tiene como finalidad: transformar las aguas residuales en agua reutilizable para el riego de los cultivos de la finca montubia, promoviendo la transición agroecológica y la reducción del impacto ambiental en estas zonas. Esta acción permitirá mostrar una alternativa viable y ecológica de tratamientos de agua en las comunidades que no cuentan con este sistema.

A continuación, un protocolo básico para implementar un biofiltro para aguas grises:

Estructura del Sistema

El sistema consta de los siguientes componentes en secuencia:

- Caja de llaves de paso
- Tanque atrapa grasa
- Tanque con piedra de río
- Tanque con carbón
- Tanque con arena
- Piscina con plantas bioacumuladoras
- Reservorio de agua tratada

Materiales

- 3 tanques de 200 litros, con tapa y abrazadera (reutilizables)
- 1 tanque de 60 litros, con tapa y abrazadera (reutilizables)
- 2 llaves de paso de 2 pulgadas
- 2 Tee de 2 pulgadas
- 8 codos de 2 pulgadas
- 3 tubos de 2 pulgadas
- 10 adaptadores de tanque de 2 pulgadas lisos
- 1 teflón
- 20 bloques # 7 o 9
- 1 funda de cemento
- 1 varilla de 8 mm.
- 1 Kali pega 250 CC.
- 1saco de piedra derío de 3/4
- 1 saco de arena
- 1 saco de carbón activado

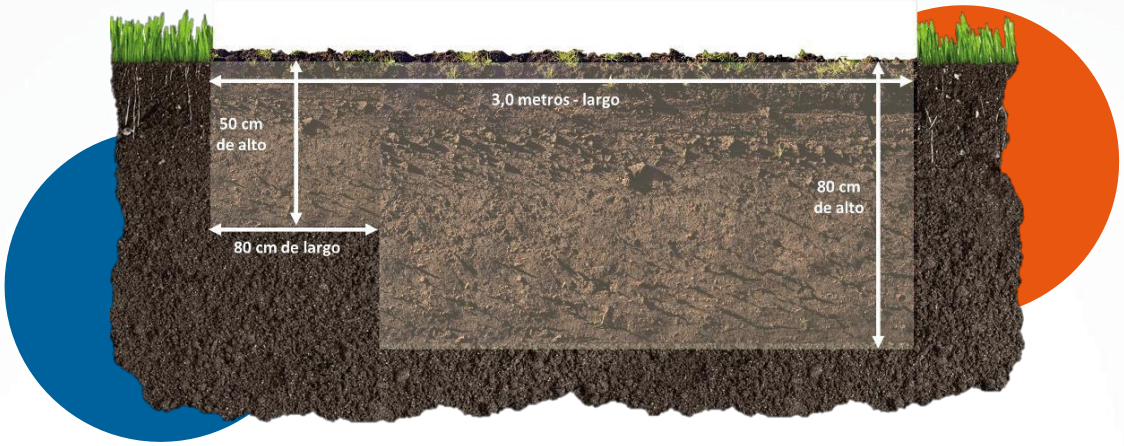
Diseño y procedimiento

El sistema de filtración debe estar enterrado en tres cuartas partes, dejando un cuarto del tanque expuesto sobre la superficie del suelo para facilitar su mantenimiento y limpieza.

Paso 1:

Preparación del área para la instalación de los tanques filtro

Realizar un hueco en el suelo de 3 metros de largo, 80 cm de ancho y 1m de profundidad, en donde los primeros 80 cm de largo, solo se debe cavar hasta 50 cm ya que allí se va a colocar la trampa de grasa, que es un tanque de menor capacidad que el resto.

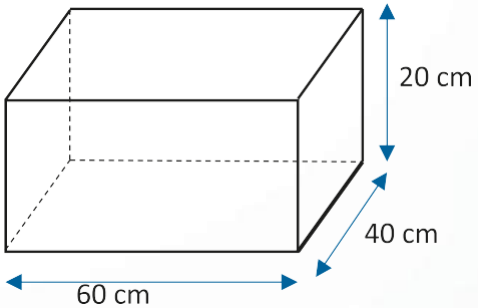


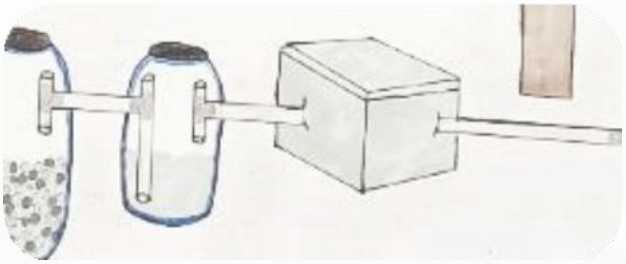
Paso 2:

Instalación de la caja de registro

Esta llave de paso y escape se usa en situaciones emergentes, cuando el sistema de filtración podría colapsarse o en el caso de realizar mantenimientos preventivos de los filtros, este permite que el sistema no reciba más agua y ésta sea distribuida por el conducto de salida emergente.

Usar el cemento y los bloques se debe realizar una caja que proteja las llaves de paso. En los tres extremos de la caja, se debe dejar un orificio para la tubería de 2 pulgadas, tal y como se muestra en la gráfica a continuación:





Paso 3: Filtro atrapa grasa

Esta trampa se utiliza para evitar que las grasas provenientes de la cocina, lavadora, duchas y lavamanos lleguen al sistema de filtración, ya que estas aguas provocan contaminación en los suelos de la finca.
Este tanque de 60 litros de capacidad debe quedar enterrado de tal forma que la tapa quede a la vista con el fin de poder hacer las inspecciones rutinarias. A este tanque se le realizan dos orificios, donde se colocarán codos y el tubo de 2 pulgadas de la siguiente forma:

Paso 4: Filtro con piedra de río

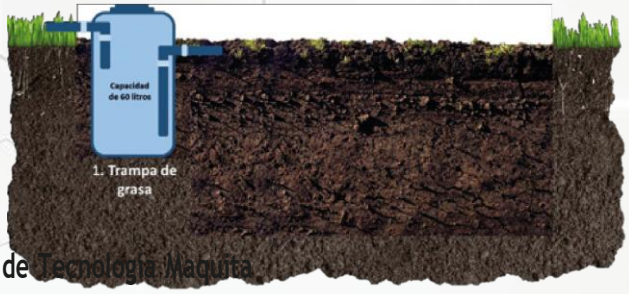
Este componente actúa como filtro de partículas gruesas y proporciona una superficie ideal para el desarrollo de una biopelícula (microorganismos), que facilitan la degradación de la materia orgánica.
En este tanque de 200 litros de capacidad, se colocan piedras hasta cubrir 3/4 de su volumen, y se debe conectar a la trampa de grasas con la tubería de 2 pulgadas.

Paso 5: Filtro de arena

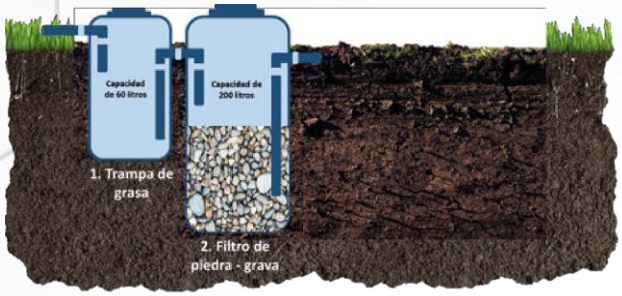
La arena filtra partículas finas y promueve la purificación adicional, mediante la captura de microorganismos.
En el tanque de 200 litros de capacidad, se llena 3/4 de su volumen con arena y se conecta al tanque anterior, mediante tubería y codos de 2 pulgadas, como se muestra en la figura a continuación:

Paso 6: Filtro de carbón activado

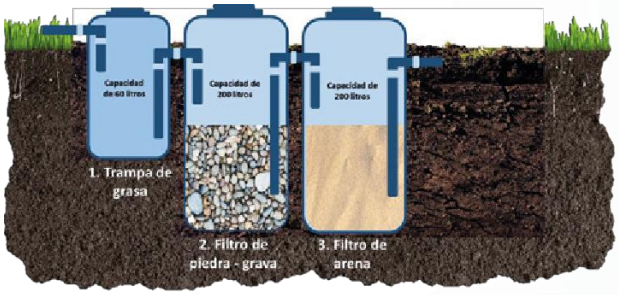
En este filtro, se capturan y retienen compuestos orgánicos como: pesticidas, solventes, olores, metales pesados y remueve el cloro libre y los compuestos clorados, presentes en las aguas residuales. Estas propiedades hacen que el carbón activado sea esencial en sistemas de tratamiento de aguas residuales para mejorar su calidad y reducir la toxicidad, antes de su descarga o reutilización.
En el tanque de 200 litros de capacidad, colocar carbón activado en 3/4 de su volumen y conectar al tanque anterior, mediante tubería y codos de dos pulgadas, como se muestra en la figura.



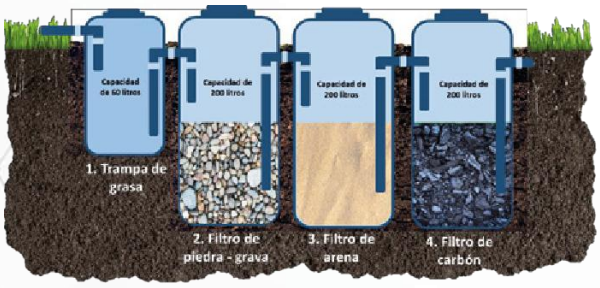
Mantenimiento:



Mantenimiento:

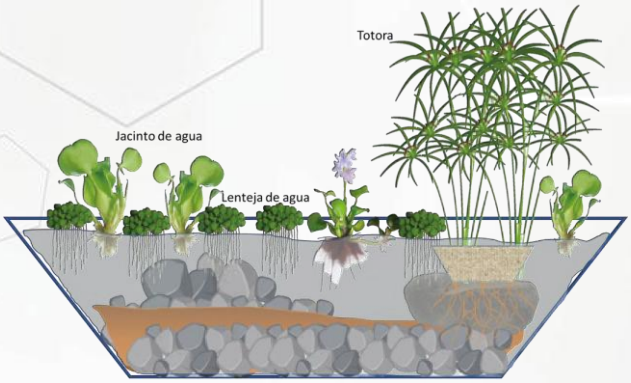


Mantenimiento:



Mantenimiento:

Paso 7: Piscina con plantas bioacumuladoras o Fitoremediadoras



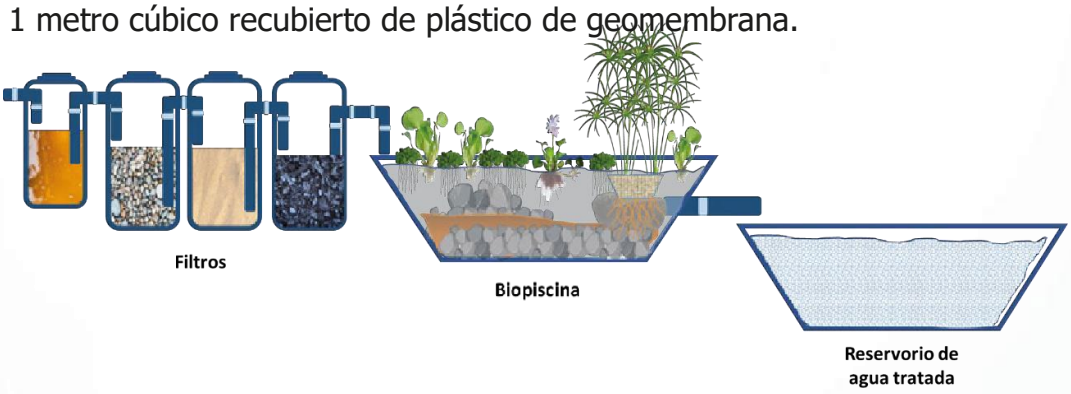
Esta piscina con plantas biorremediadoras funciona como un sistema natural de tratamiento de aguas residuales, que utiliza plantas para filtrar y depurar el agua. Las raíces de estas plantas absorben nutrientes, metales pesados y contaminantes, mientras promueven la biodegradación de materia orgánica. Además, mejoran la oxigenación del agua y ayudan a equilibrar el ecosistema.

Al finalizar los tanques de filtración, se debe construir una piscina con una capacidad de 1 metro cúbico. En el fondo, debe colocarse una capa de piedra de río, seguida de arena y tierra común, que servirán como sustrato para el crecimiento de plantas biorremediadoras.

Mantenimiento:
Mantenimiento: podar y remover las plantas muertas. La revisión de la salud de las plantas se debe realizar trimestralmente

Paso 8: Reservorio de agua tratada

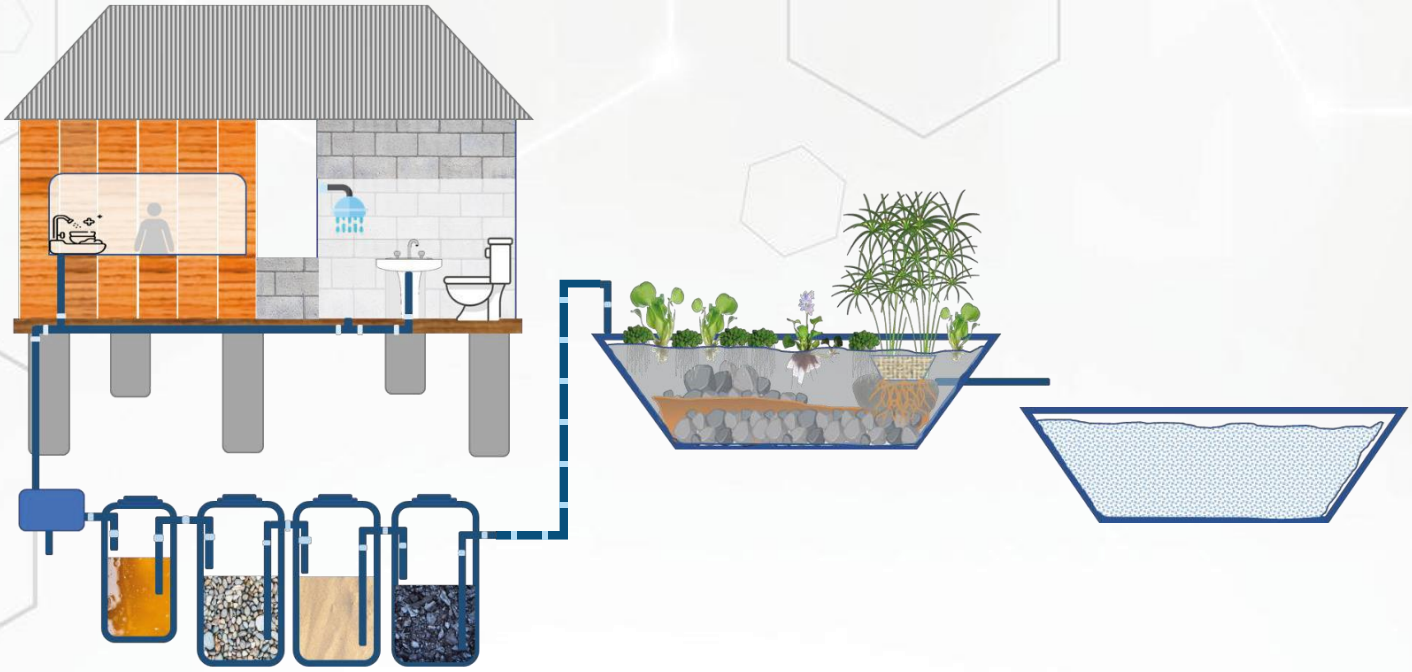
En este reservorio se almacena el agua tratada para su reutilización en cultivos de la finca. Para este reservorio, se puede colocar una cisterna, tanque plástico o metálico, o a su vez, cavar un hueco con capacidad de 1 metro cúbico recubierto de plástico de geomembrana.



Mantenimiento:
Mantenimiento: limpieza del tanque cada 6-12 meses. Control de la calidad del agua para asegurarse

Paso 9: Conexión de la tubería del hogar al sistema de biofiltración

Para este paso, se debe utilizar una tubería de 2 pulgadas para conectar los puntos de generación de aguas residuales, como el lavabo, el fregadero o la ducha. Esta tubería debe llevarse hasta la caja de distribución con llaves de paso, la cual está conectada al sistema de biofiltración, quedando todo el sistema, como lo muestra la gráfica a continuación:



Operación y mantenimiento general

Monitoreo del sistema: revisa semanalmente el flujo de agua, y ajusta las válvulas si es necesario.
Pruebas de calidad del agua: realiza análisis periódicos de la calidad del agua en el reservorio para garantizar que cumpla con los estándares requeridos para riego.

Consideraciones Adicionales

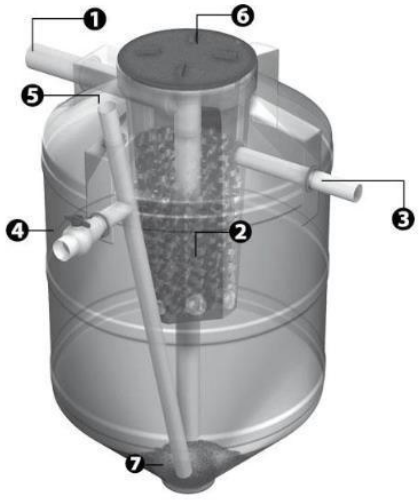
Adaptabilidad: el diseño debe adaptarse a las características específicas de la vivienda, incluyendo la cantidad de agua generada y el tipo de suelo.
Regulaciones locales: asegúrate de cumplir con las normativas locales sobre el manejo y reutilización de aguas grises.
Este sistema, bien mantenido, no solo tratará eficientemente las aguas grises, sino que también contribuirá a la sostenibilidad del hogar, al permitir la reutilización segura del agua tratada en cultivos.

Protocolo de implementación de biodigestor para tratamiento de aguas negras

El biodigestor es un sistema para el tratamiento primario de las aguas negras domésticas, mediante un proceso de retención y degradación sin oxígeno de la materia orgánica. El agua tratada es infiltrada hacia el terreno aledaño, mediante una zanja de infiltración con plantas bioacumuladoras de metales pesados y residuos.

Componentes del sistema

1. Tubería PVC de 4” para entrada de agua.
2. Filtro biológico con aros de plástico (pets).
3. Tubería PVC de 2” para salida de agua tratada al campo infiltración o pozo de absorción.
4. Válvula esférica para extracción de lodos.
5. Tubería PVC de 2” de acceso para limpieza y/o desobstrucción.
6. Tapa click de 18” para cierre hermético.
7. Base cónica para acumulación de lodos.



Funcionamiento

- El agua residual doméstica entra por el tubo N° 1 hasta el fondo del biodigestor, donde las bacterias empiezan la descomposición.
- Luego, sube y pasa por el filtro N° 2, donde la materia orgánica que asciende, es atrapada por las bacterias fijadas en los aros de plástico del filtro.
- El agua tratada sale por el tubo N° 3, hacia el terreno aledaño, mediante una zanja de infiltración, pozo de absorción o humedal artificial, según el tipo de terreno y zona.

Paso 1: Selección del sitio

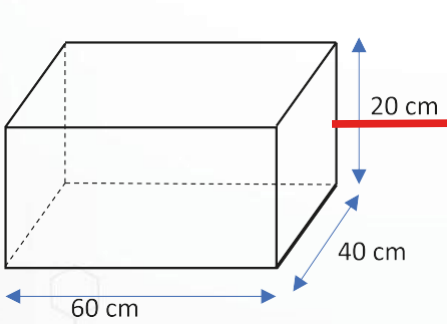
Elige un lugar con fácil acceso, donde el terreno sea plano o una inclinación leve y esté a una distancia adecuada de fuentes de agua potable y viviendas (mínimo 30 metros).

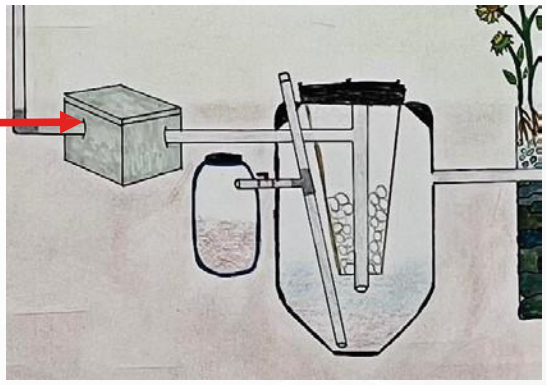
Paso 2: Preparación del terreno

Para el biodigestor, con capacidad de 600 litros, se debe cavar un hoyo de 1 metro de diámetro y 1.20 metros de profundidad.
Para el tanque de extracción de lodos, se debe cavar un hoyo de 50 centímetros de profundidad y un diámetro de 80 centímetros.
Luego, se nivela el fondo de la excavación y se coloca una capa de arena o piedra de rio de 10 a 15 cm para asegurar una base estable y evitar daños.

Paso 3: Instalación de la caja de registro:

Antes de la instalación del biodigestor, colocar una caja de registro, que conecte la salida del sistema de aguas negras de la vivienda con el biodigestor.
La caja de registro sirve para inspeccionar y dar mantenimiento a las tuberías, evitando posibles obstrucciones en el sistema.





Paso 4: Instalación del biodigestor

Una vez excavados los hoyos, se procede a instalar el biodigestor y el tanque de extracción de lodos en los sitios correspondientes. Es fundamental asegurarse de que ambos tanques queden nivelados y firmes. Posteriormente, se irá cubriendo gradualmente con tierra, aplicando golpes suaves para compactar el suelo y garantizar la estabilidad de los tanques.

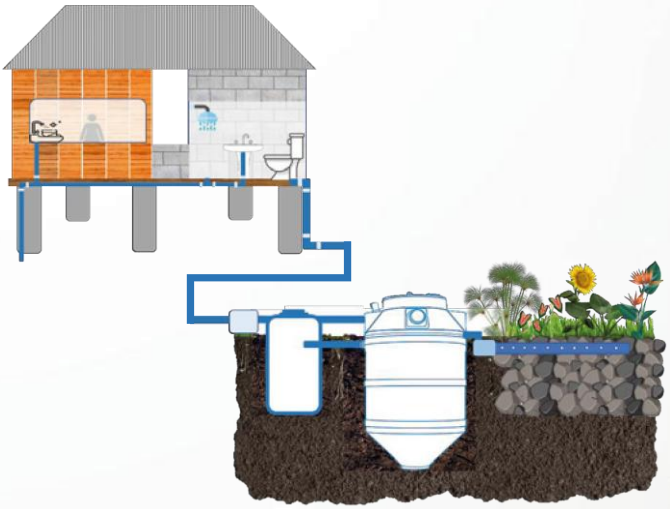
Paso 5: Construcción de la zanja de infiltración

El agua tratada, que sale del biodigestor, debe ser dirigida hacia una zanja de infiltración. La cantidad y tamaño de las zanjas dependerán del volumen del biodigestor. A continuación, se detalla el procedimiento:

- Biodigestor de 600 litros: Se recomienda la construcción de 3 zanjas de 5 m. de largo, separadas de centro a centro, por una distancia de 2 m. y con una profundidad de 80 cm.
- Rellena las zanjas de infiltración con material pétreo (grava o piedra), lo que facilita la infiltración del agua tratada en el suelo.
- En cada zanja, se recomienda la siembra de plantas bioacumuladoras como: papiro, girasol, pico de loro, totora y colacasia, que ayudan a absorber y retener los contaminantes residuales, presentes en el agua tratada, promoviendo una mayor purificación.

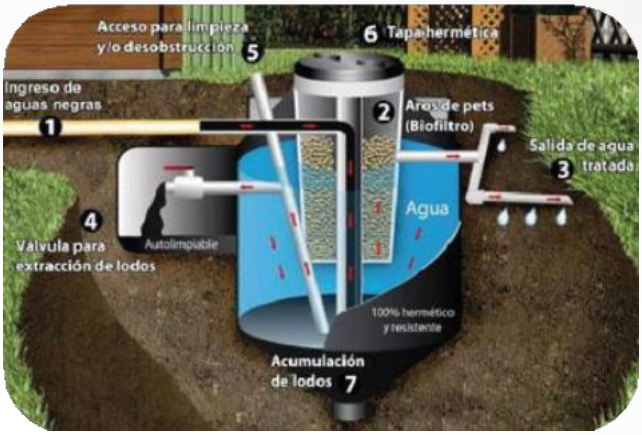
Paso 6: Conexiones hidráulicas

Conecta la tubería de entrada del sistema de aguas negras, proveniente de la vivienda. Se debe asegurar que la tubería de salida del efluente esté bien ubicada para permitir el flujo hacia un sistema de tratamiento adicional de infiltración con plantas bioacumuladoras.



Paso 7: Operación y mantenimiento

- Cuando se abre la válvula Nº4, el lodo alojado en el fondo sale por gravedad al tanque de extracción. Primero salen de dos a tres litros de agua de color beige. Luego salen los lodos estabilizados (color café). Se cierra la válvula cuando vuelve a salir agua de color beige. Dependiendo del uso, la extracción de lodos se realiza cada 12 a 24 meses.
- Si observa que el lodo sale con dificultad, introducir y remover con un palo de escoba en el tubo N°5 teniendo cuidado de no dañar el Biodigestor.
- En la caja de extracción de lodos, la parte líquida del lodo será absorbida por el suelo, quedando retenida la materia orgánica, que después de secar se convierte en polvo negro.
- Se recomienda limpiar los biofiltros anaeróbicos, echando agua con una manguera después de una obstrucción y cada 3 o 4 extracciones de lodos.
- Mantén el área de instalación limpia y sin objetos que puedan dañar la estructura del biodigestor.



Este protocolo proporciona los pasos esenciales para la instalación y uso eficiente de un biodigestor para aguas negras, permitiendo un manejo sostenible de los residuos.

Gráfica del sistema de biofiltración completo en una finca montubia del cantón Buena Fe "La Isla"

Artista: Domitila Ponce

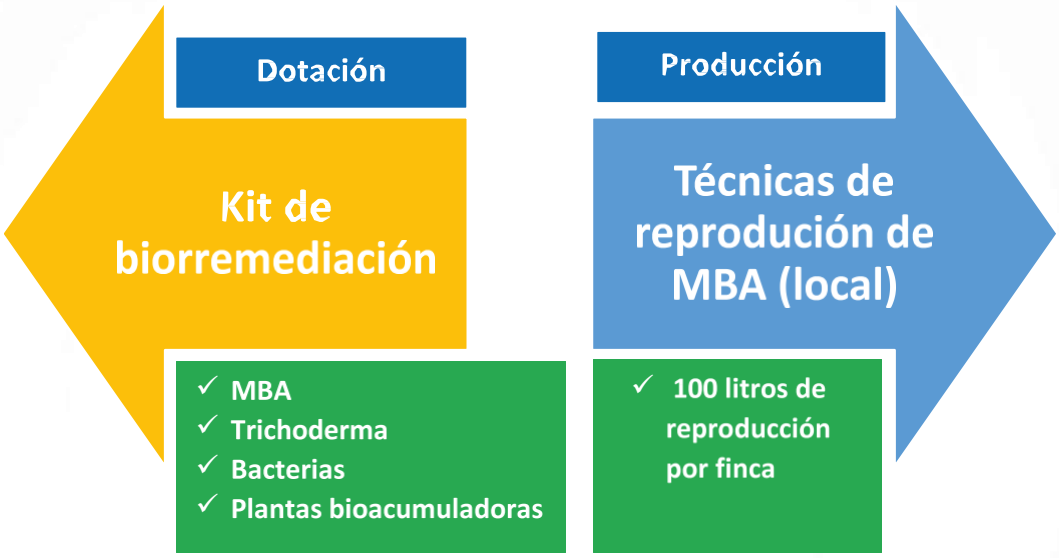
El uso de microorganismos (bacterias y hongos) en la biorremediación de suelos es una estrategia sostenible para recomponer la tierra enferma, debido a la presencia de metales pesados, pesticidas y otros compuestos tóxicos. Los microorganismos descomponen, transforman o inmovilizan los contaminantes para convertirlos en sustancias menos tóxicas o asimilables para las plantas. Los microorganismos benéficos autóctonos son valiosos para la biorremediación. Por que se adaptan a las particularidades locales, por lo que son los más efectivos.

Objetivo

Establecer un protocolo para la aplicación de microorganismos benéficos autóctonos (MBA) en los procesos de biorremediación de suelos contaminados con metales pesados.

Desarrollo

Al igual que el agua, los suelos contaminados necesitan de alternativas que les permita reducir el nivel de afectación provocado por la interacción humana, es por esa razón, proponemos las siguientes vías:



Para la reducción de carga agroquímica de plantas o desintoxicación de metales pesados, los organismos como: trichoderma, micorrizas y bacterias tienen la cualidad de biorremediación en los sistemas vasculares vegetales de las plantas.

Esta práctica de bioaumentación involucra el incremento de la población microbiana nativa en la finca, con la adición de microorganismos MBA adaptados y con capacidad de degradar los metales e incrementando la baja absorción por la planta.

Protocolo para la captura y multiplicación de Microorganismos Benéficos Autóctonos (MBA) para los procesos de biorremediación de suelo

Paso 1: Selección del sitio de captura de MBA

Es fundamental elegir un área con mínima intervención humana y sin la aplicación de productos químicos. Se recomienda buscar un bosque o una huerta que haya estado abandonada durante varios años. Los lugares ideales incluyen áreas con árboles leguminosos, caña guadua, bambú, o zonas cercanas a riachuelos u ojos de agua. De esta manera, se asegura que el sitio no esté expuesto a cultivos que reciban aplicaciones aéreas de químicos.

Paso 2: Captura de MBA

Se debe recolectar hojas, troncos, ramas u otros tejidos vegetales, en estado de descomposición, buscando específicamente la presencia de hongos visibles, en forma de filamentos blancos o similares al algodón, o hilos blancos - cremosos. De este material, se extraen 25 libras de microorganismos MBA para la siguiente etapa.

Paso 3: Multiplicación sólida de MBA

Materiales necesarios:

1. Tanque negro de 60 litros, con tapa hermética
2. Pala de madera
3. 25 libras de polvillo
4. 25 libras de microorganismos del bosque
5. 3 litros de melaza
6. Agua sin cloro

Procedimiento:

- Desmenuza con las manos, las 25 libras de hojas y ramas para que queden pedazos pequeños.
- Mezcla las 25 libras del material recolectado del bosque con las 25 libras de polvillo.
- Disuelve los 3 litros de melaza en 10 litros de agua.
- Humedece la mezcla con esta solución y remueve hasta que quede bien distribuida. Asegúrate de que la humedad no supere el 20%. Para verificarlo, realiza la "prueba del puño": al apretar la mezcla en la mano, no debe gotear agua.
- Coloca la mezcla en el tanque de 60 litros, capa por capa, compactándola con el puño.
- Deja un espacio vacío de 30 centímetros desde el borde del tanque, para permitir el almacenamiento de oxígeno, favoreciendo la fermentación de los hongos y evitando la supervivencia de patógenos (enfermedades). Sella el tanque herméticamente y deja fermentar durante 45 a 60 días, hasta que se forme una capa de hongos de color blanco con un espesor de 5 centímetros.
- Por último, etiqueta el tanque con la fecha de elaboración.

Paso 4: Multiplicación líquida de MBA

Materiales necesarios:

1. Tanque negro de 200 litros, con tapa hermética
2. 5 libras de masa de microorganismos MBA sólidos
3. Palo de madera
4. 5 pedazos de tela gasa
5. 10 litros de melaza
6. Agua sin cloro
7. Pala o palilla

Procedimiento:

- Llena el tanque de 200 litros con 180 litros de agua, sin cloro.
- Añade los 10 litros de melaza, y mezcla con el palo de madera hasta que se disuelva completamente.
- Con la tela gasa, elabora 5 pequeñas bolsas, cada una con 1 libra de masa de microorganismos sólidos.

- Sumerge las bolsas con microorganismos en la solución de agua y melaza.
- Cierra el tanque herméticamente y deja fermentar durante 22 días, en un lugar bajo sombra.
- Por último etiqueta el tanque con la fecha de elaboración.
- Después de este periodo, verifica la multiplicación de los hongos, observando la formación de una capa impermeable tipo "nata" en la superficie.

Nota: esta "nata" puede utilizarse para realizar 3 réplicas adicionales de MBA líquido. Colócala en una solución de 80 litros de agua con 5 litros de melaza y deja fermentar durante 22 días.

Dosificación

Con el producto final, aplica de la siguiente manera en una bomba de 20 litros:
- Para cultivos: Mezcla 19 litros de agua con 1 litro de MBA.
- Para suelos: Mezcla 10 litros de agua con 10 litros de MBA.

Este protocolo asegura una captura y multiplicación efectiva de microorganismos benéficos autóctonos (MBA) para su uso en procesos agrícolas y de biorremediación de suelos.

Diagrama de captura y multiplicación efectiva de MBA

1 Captura de MBA →

2 Preparación y mezcla de insumos y materiales →

3 Prueba del puño ↓

6 MBA sólidos a los 45 días ←

5 Sellado y etiquetado ←

Llenado de la mezcla 4

7 Elaboración de bolsitas con MBA sólido, para la reproducción líquida →

8 MBA Líquido a los 22 días →

9 Aplicación en campo de los MBA

Pero, ¿Cómo determino la bioaumentación de MBA en la finca?

Es importante destacar que la presencia de la diversidad y equilibrio microbiano en la finca incrementa la degradación de metales pesados y reduce su absorción por las plantas.
Una alternativa para evaluar si los Microorganismos Benéficos Autóctonos (MBA), aplicados en la finca se han establecido es el uso de trampas de arroz precocido. Con este método, utilizando una tabla, de colores, se puede, cuantificar de manera general y empírica la presencia de microorganismos, ya sean buenos o malos. A continuación, una explicación de este método:

Protocolo de trampas de arroz

Materiales necesarios:

1. 1/2 libra de arrocillo
2. Agua limpia
3. Mascarilla (opcional)
4. Colador o cedazo
5. 1 olla
6. 10 frascos de vidrio (8 onzas) o 1 vaso plástico colero (8 onzas)
7. 10 ligas o 10 pedazos de piola de 15 cm de largo
8. 10 pedazos de tela gasa
9. 10 estaquillas
10. 1 pala
11. Tabla de colores

PASO 1:

Lavar el arroz con agua limpia, sin cloro o agua hervida fría, sacando el exceso de impurezas.

PASO 2:

Hervir agua.
Deben notarse las burbujas para avanzar con el paso tres.

PASO 3:

Colocar el arroz previamente lavado, en el agua hirviendo por 5 minutos, dejándolo precocido o semi-cocido.

PASO 4:

Pasado los 5 minutos, retirar el agua sobrante y dejar enfriar por aproximadamente 10 minutos.

PASO 5:

En los frascos de vidrio desinfectados, poner entre 3 a 4 cucharadas de arroz pre- cocido, o llenar un 75% del envase que usaremos.

PASO 6:

Una vez que los envases esten llenos, colocar un pedazo de gasa o tela pañal que permita la entrada de los microorganismos e impida el ingreso de insectos. Esta gasa se ajusta con una liga plástica.

PASO 7:

Teniendo las trampas listas, se las traslada hasta el suelo que queremos evaluar. Se recomienda el uso de 10 trampas por hectárea de cultivo/suelo.

PASO 8:

Cavar un hoyo de 20 cm en el suelo. Esta medida que se va a utilizar.
Colocar las trampas en el hoyo, si es época invernal boca abajo, y si es época de verano, el frasco boca arriba; y señalar con una rama, donde se dejan los frascos.
Tapar las trampas con la misma hojarasca .

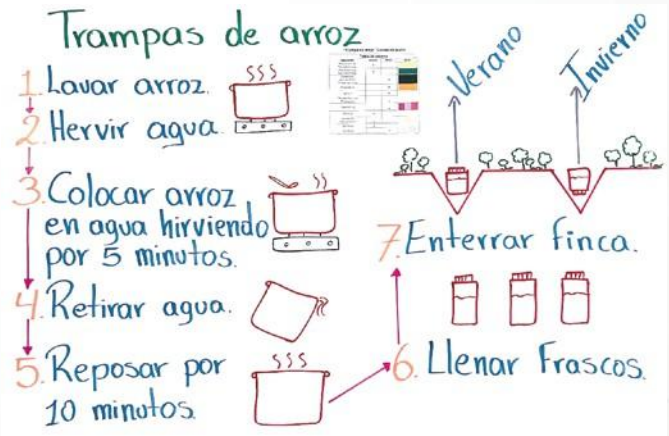
PASO 9:

Retirar las trampas a los 5 días si es invierno (lluvias), y a los 8 días si es verano (seco).
Observar la presencia de colores en las trampas.

Entonces decimos ''entre más variedad de colores tenga mi trampa de arroz, mayor es la presencia y actividad biológica del suelo".
Para esto, usaremos la siguiente tabla de colores:

"Trampa de arroz" Calidad de suelo

Organismo	Bueno	Malo	Color
Penicillium sp *Trichoderma sp*	x		
Gliocladium sp *Trichoderma sp*	x		
Diplodia sp *Lasiodiplodia* *Thielaviopsis sp*		x	
Geotrichum		x	
Pythium		x	
Phytophthora sp *Rhizoctonia*		x	
Fusarium sp		x	
Bacillus	x		
Levaduras *Paecilomyces*	x		
Bacterias	x		
Bacterias		x	



Cronograma de trabajo para biorremediación de suelo con el uso de MBA

Paso N°	¿Qué hacer?	¿Cómo lo hago?	¿Cuándo lo hago?
1	Diagnóstico: análisis cualitativo de suelo.	Colocar trampas de arroz	Antes de aplicar los productos - MBA
2	Primera aplicación de MBA	Aplique a los cultivos y al suelo, una solución de 1 litro de MBA en 19 litros de agua y fumigar en toda la finca.	Cuando haya retirado las trampas de la finca En las primeras horas de la mañana
3	Segunda aplicación de MBA	Aplicar a los cultivos y al suelo, una solución de 1 litro de MBA en 19 litros de agua y fumigar en toda la finca.	15 días después de la primera aplicación En las primeras horas de la mañana
4	Tercera aplicación de MBA	Aplicar a los cultivos y al suelo una solución de 1 litro de MBA en 19 litros de agua y fumigar en toda la finca.	15 días después de la segunda aplicación En las primeras horas de la mañana
5	Análisis cualitativo de suelo. Determinación del establecimiento de los MBA en la finca.	Colocar las trampas de arroz.	Después de 48 horas de realizar la tercera aplicación de los MBA.

Este cronograma de trabajo garantiza que la bioaumentación de los Microorganismos Benéficos Autóctonos (MBA) en la finca reduzca la absorción de metales pesados por las plantas, reduzca la necesidad de aplicar fungicidas, al controlar las enfermedades vegetales y mejora la calidad del suelo.

Créditos

Elaboración:
Joel Bravo Menéndez
Centro de Transferencia de Tecnología Maquita – Los Ríos

Revisión:
Jerry Conforme
Coordinador Agrícola de Maquita – Los Ríos

Apoyo Técnico:
Domitila Ponce González

Programa:

“Restituyendo con equidad, los derechos socio ambientales para las familias campesinas del cantón Buena Fe. Los Ríos, Ecuador”

¡Cuidemos nuestra agua y tierra!

COOPERACIÓN CANARIA

SUMMAid Challenging inequality

Fundación maquita Por una sociedad de iguales